I. SITZUNG VOM 5. JÄNNER 1871.

Die Marine-Section des k. & k. Reichs-Kriegs-Ministeriums dankt mit Note vom 20. December 1870 für die Betheilung der k. k. Marine-Akademie zu Fiume mit den Schriften der Classe.

Herr Prof. Dr. Ad. Lieben in Turin dankt mit Schreiben vom 28. December 1870 für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Das k. k. technische und administrative Militär-Comité stellt mit Note vom 31. Dec. 1870 das Ansuchen um Beantwortung einiger Fragen, betreffend die Anlegung von Blitzableitern, namentlich für Pulvermagazine.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Die Atakamit-Krystalle aus Süd-Australien“, vom Herrn Oberbergrath u. Prof. Dr. V. Ritt. v. Zepharovich in Prag.

„Über das Blut und insbesondere die sogen. Blutkörperchen der Insecten und einiger anderer Wirbelloser“, vom Herrn Prof. Dr. V. Graber in Graz.

„Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane. IV. Wachsthumsgeschichte von *Radula complanata*“, vom Herrn Prof. Dr. H. Leitgeb in Graz.

„Über das chemische Verhalten alter Eisenfunde“, vom Herrn Baron Ernst Bibra zu Nürnberg.

Herr Jos. Rich. Harkup, k. k. Official zu Hütteldorf, hinterlegt ein versiegeltes Schreiben, enthaltend die Beschreibung und Zeichnung einer von ihm gemachten Erfindung polarisirter Telegraphen-Apparate, zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über das Gleichgewicht und die Bewegung insbesondere die Diffusion von Gasgemengen“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Künste & Wissenschaften, Südslavische: Rad. Knjiga XIII. U Zagrebu, 1870; 8o. — Dvie službe rimskoga obreda za svetkovinu svetih Ćirila i Metuda izdao Ivan Berčič. U Zagrebu, 1870; 8o.

— der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. August, September, October 1870. Berlin; 8o.

— Königl., gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt: Jahrbücher. N. F. Heft VI. Erfurt, 1870; 8o.

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXX, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1870; 8o.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 8. Jahrg. (1870), Nr. 24; 9. Jahrg. (1871), Nr. 1. Wien; 8o.

Archief, Nederlandsch, voor Genees- en Natuurkunde. Deel V, 3. & 4. Aflev. Utrecht, 1870; 8o.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1828—1829 (Bd. 77. 4 & 5.) Altona, 1870 4o.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. VI, Punt. I. Venezia, 1870; 8o.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques & naturelles. N. P. Tome XXV, Nrs. 98—99. (1866); Tome XXXVIII, Nr. 150; Tome XXXIX, Nr. 155. Genève, Lausanne, Paris, 1870; 8o.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1870, Nr. 9 e 10. Firenze, 1870; 8o.

Gesellschaft der Wissenschaften, Oberlausitzische: Neues Lausitzisches Magazin. XLVII. Band, 2. Heft. Görlitz, 1870; 8o.

— Astronomische, zu Leipzig: Vierteljahrsschrift. V. Jahrgang, 4. Heft. Leipzig, 1870; 8o.

— Anthropologische, in Wien: Mittheilungen. I. Band, Nr. 5. Wien, 1870; 8o.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. V. Band, Nr. 24. Wien, 1870; 8o.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Verhandlungen und Mittheilungen. XXXI. Jahrg. (1870), Nr. 41—42; XXXII. Jahrg. (1871), Nr. 1. Wien; 4o.

Isis: Sitzungs-Berichte. Jahrgang 1870, Nr. 7—9. Dresden; 8o.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tome XV°, Serie III^a^, Disp. 10^a^. Venezia, 1869—70; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band II, 8. Heft. Leipzig, 1870; 8°.

Landbote, Der steirische. 3. Jahrgang. Nr. 26. Graz, 1870; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1870, Nr. 29. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 16. Band, 1870, XII. Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 59—61, Vol. III. London, 1870; 4°.

Reichsanstalt, k. k., geologische: Verhandlungen. Jahrg. 1870, Nr. 16. Wien; kl. 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XX. Band, Jahrgang 1870. October- & November-Heft. Wien; 8°.

Verein, naturwissenschaftl., von Neu-Vorpommern und Rügen: Mittheilungen. II. Jahrgang. Berlin, 1870; 8°.

— Naturforscher-, zu Riga: Correspondenzblatt. XVIII. Jahrgang. Riga, 1870; 8°. — Denkschrift des Naturforscher-Vereins zu Riga, herausgegeben aus Anlass der Feier seines 25jährigen Bestehens am 27. März 1870. Riga; 4°. — Zur Geschichte der Forschungen über die Phosphorite des mittleren Russlands. Von W. v. Gutzeit. (Denkschrift zur selben Feier.) Riga, 1870; 4°.

— für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. II., III. & IV. Jahrgang. 1868, 1869 & 1870. Wien; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XX. Jahrgang, Nr. 57—60. Wien, 1870; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner: XIII. Jahrgang. N. F. VI. Band, 18.—20. Heft. Leipzig, 1870; 8°.

Über die Arbeit, die beim Magnetisiren eines Eisenstabes durch den elektrischen Strom geleistet wird.

Von **Anton Wassmuth,**

Assistenten für Physik am k. Polytechnikum in Wien.

(Mit 1 Holzschnitte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. December 1870).

Das Magnetisiren eines Eisenstabes hat man sich nach der Ansicht von Weber[1] in der Art vorzustellen, dass der Körper aus einer Menge von Molecularmagneten bestehe, deren magnetische Axen im unmagnetischen Zustande nach allen Richtungen zerstreut liegen, im magnetischen aber der Richtung der magnetisirenden Kraft mehr oder weniger zugewendet sind. Davon ausgehend, hat Weber (l. c.) eine Formel für das magnetische Moment eines Eisenstabes berechnet und deren Übereinstimmung mit der Erfahrung durch mehrere Versuche mit einem cylindrischen Eisenstäbchen nachgewiesen; eigene Versuche und Berechnungen anderer Beobachtungen haben mir, wie ich später einmal ausführlich nachweisen will, die Überzeugung verschafft, dass diese Weber'sche Formel mindestens eben dieselbe Genauigkeit gewährt, wie die von Müller[2] angegebene. Fügt man nun noch hinzu, dass in der neuesten Zeit mehrere Versuche, so z. B. die von Waltenhofen[3] beobachtete anomale Magnetisirung des Eisens, bekannt wurden, die nur durch diese Ansicht ihre ungezwungene Erklärung finden, so wird man wohl erkennen, welchen hohen Werth diese Hypothese besitzt und wie sehr es angemessen sein wird, dieselbe weiter

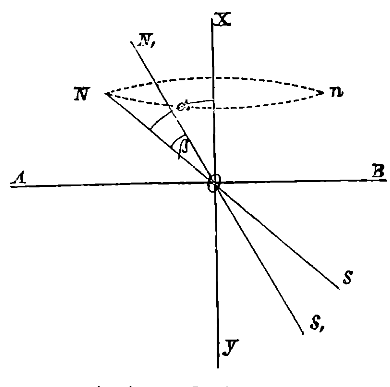
---

[1] Weber, Elektrodynamische Maassbest. III, p. 570. Wiedemann, Galvanismus. Bd. II. p. 71, 73 und 309.

[2] Müller, Fortschritte d. Physik, p. 494.

[3] v. Waltenhofen, Sitzb. d. k. Akad. Bd. 48; Pogg. Ann. 1864.

auszubilden und ihre Folgerungen zu beleuchten. Es schien mir daher nicht unverdienstlich, ausgehend von dieser Ansicht, die Arbeit zu berechnen, die beim Magnetisiren eines Stabes geleistet wird, um dann den gefundenen theoretischen Ausdruck mit den erhaltenen Resultaten zu vergleichen. Zu diesem Ende stelle uns XY die Richtung der magnetisirenden Kraft, NS die magnetische Axe eines Molecularmagneten vor der Drehung und N_1S_1 dieselbe Axe nach eingetretener Magnetisirung vor. Der Winkel NOX, den der Magnet vor seiner Drehung mit der Richtung der magnetischen Kraft bildet, werde mit α und der Drehungswinkel NON_1 mit β bezeichnet. Nennt man nun die, auf die Quantität μ in N wirkende magnetische Kraft μX und ψ den Winkel, den der Magnet in irgend einer Lage mit der auf XY Senkrechten AB einschliesst, so wird uns die zur Drehung dieses Magneten verwendete elementare Arbeit p gegeben durch den Ausdruck:



$$p = 2X\lambda\mu \int_{\frac{\pi}{2}-\alpha}^{\frac{\pi}{2}-\alpha+\beta} \cos\psi \, d\psi = 2X\lambda\mu \, [\cos(\alpha-\beta)-\cos\alpha],$$

worin $2\lambda\mu$ das magnetische Moment eines Molecularmagneten bedeutet.

Um nun daraus die Arbeit zu erhalten, die man zur Bewegung der in einem Raumelement enthaltenen Magnete benöthiget, denke man sich, ähnlich wie Weber (l. c.), alle diese Magnete durch den Mittelpunkt einer Kugel vom Volumen Eins hindurchgelegt, so dass dieselben die verschiedensten Richtungen inne haben. Ist die Anzahl derselben n, so werden gegen die Flächeneinheit der Kugeloberfläche $\frac{n}{4a^2\pi}$ Molecüle, wenn a der Radius der Kugel ist, gerichtet sein und somit die Zahl der Molecüle, welche gegen eine unendlich kleine, auf der Richtung XY senk-

rechten Zone Nn der Kugeloberfläche gerichtet sind, da sie mit XY den Winkel α bildet, $\frac{n}{4a^2\pi}.2a^2\pi \sin\alpha\, d\alpha = \frac{n}{2}\sin\alpha\, d\alpha$ sein. Es ist somit die in einer Volumseinheit erzielte Arbeit:

$$P = \frac{n}{2}\int_0^\pi p \sin\alpha\, d\alpha.$$

Um diesen Ausdruck zu integriren, benütze man die von Weber (l. c.) gegebene Gleichung: $X\sin(\alpha-\beta) = D\sin\beta$, woraus $\operatorname{tg}\beta = \frac{X\sin\alpha}{D+X\cos\alpha}$ folgt und worin D eine constante Grösse, die sogenannte moleculare Directionskraft bedeutet. Es wird somit $p = 2X\lambda\mu\left[\frac{X+D\cos\alpha}{\sqrt{X^2+D^2+2DX\cos\alpha}} - \cos\alpha\right]$ und es enthält somit P, bis auf einen vor dem Integralzeichen stehenden Factor, dasselbe Integral, das Weber zur Berechnung des magnetischen Moments einer Volumseinheit anwendet. Bezeichnet man letzteres mit M_0, so fand er, dass

$$M_0 = \frac{mn}{2}\int_0^\pi \left[\frac{X+D\cos\alpha}{\sqrt{X^2+D^2+2DX\cos\alpha}} - \cos\alpha\right]\sin\alpha\, d\alpha$$

ist, und somit ergibt sich, da $2\lambda\mu = m$ das magnetische Moment eines Molecularmagneten ist, für die in der Volumseinheit geleistete Arbeit

$$P = XM_0$$

d. h. die in der Volumseinheit Eisen verrichtete Arbeit ist gleich dem Producte aus der magnetisirenden Kraft in das magnetische Moment derselben.

Nun ist nach Weber (l. c. IV, p. 292) für

$$X < D, \quad M_0 = \frac{2}{3}\frac{mn}{D}X$$

und falls $X > D$ ist, $M_0 = mn\left(1 - \frac{1}{3}\frac{D^2}{X^2}\right)$ zu setzen, womit sich für den ersten Fall $P_1 = \frac{2}{3}\frac{mn}{D}X^2$ und für den zweiten

$$P_2 = mnX\left(1 - \frac{1}{3}\frac{D^2}{X^2}\right)$$

ergibt. Will man von diesen Ausdrücken auf die im ganzen Volumen geleistete Arbeit übergehen, so wäre nach Multiplication mit $dx\,dy\,dz$ die Integration über dieses ganze Volumen auszudehnen, nachdem noch zuvor X als Function von x, y, z (den Coordinaten des Elements) ermittelt worden wäre.

Unter den in der Praxis vorkommenden Fällen ist nun besonders jener wichtig, wo man einen elektrischen Strom durch eine Drahtspule schickt, in deren Innerem sich ein cylindrisches Eisenstäbchen befindet. Ist nun der Durchmesser der Spule gegen ihre Länge sehr klein, so kann man, wie aus einer Deduction von Weber (l. c. III, p. 547) hervorgeht, mit hinreichender Näherung X als constant und zwar gleich $\frac{2\pi Ni}{d}$ setzen, wenn N die Anzahl der Windungen, i die Stromstärke und $2d$ die Diagonale der Spirale bedeuten. Multiplicirt man demnach die obigen Ausdrücke für P_1 und P_2 mit dem Volumen V des Stäbchens, so erhält man die im ganzen Volumen verrichtete Arbeit, falls n sich auf die Volumseinheit bezieht[1]. Man ersieht daraus, dass für geringe magnetisirende Kräfte die verrichtete Arbeit dem Quadrate der Stromstärken proportional ist, während für sehr grosse X die Arbeit einfach mit der Stromstärke wächst.

Das erste Gesetz findet seine Bestätigung in den Versuchen von Joule (Phil. Mag. 1843), der die im Eisenstabe durch das Magnetisiren entwickelte Wärmemenge stets proportional dem Quadrate der Intensität des Stromes fand. (Für die Berechnung dieses Proportionalitätsfactors fand sich leider kein Anhaltspunkt.)

Was den zweiten Fall, den der sehr grossen Stromstärken betrifft, so eignet sich dieser besonders gut zur Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung. Sei nämlich n auf die Masseneinheit bezogen, s das specifische Gewicht des Eisens, so wird für grosse Stromstärken die in der Masseneinheit erzeugte Arbeit $P_2 = mnXs$ sein, worin, wie v. Waltenhofen[2] gezeigt hat, mn eine constante

---

[1] Bedeutet jedoch n die Anzahl der Molecüle in der Masseneinheit, wie man es bei der Entwicklung der magnetischen Momente gewöhnlich annimmt, so hätte man obige Werthe mit dem Gewichte des Körpers zu multipliciren.

[2] v. Waltenhofen, Pogg. Ann. Bd. 137.

Grösse, das grösste magnetische Moment der Gewichtseinheit, gleich 2125 absoluten Einheiten per Milligramm, bedeutet. Bezeichnet man mit R den Halbmesser und mit $2L$ die Länge der Spule, die der des Stabes gleich sein soll, so wie mit S die Dicke des Letzteren, so wird für einen dünnen Stab (und solche werden sich gerade zum Versuche empfehlen) die magnetisirende Kraft X an allen Punkten desselben Querschnittes gleich sein und ihre Grösse für einen ausserhalb der Spule in der Entfernung x von der benachbarten Fläche gelegenen Punkte ausgedrückt werden durch

$$X = \frac{i\pi N}{L}\left[\frac{x+2L}{\sqrt{R^2+(x+2L)^2}} - \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right],$$

das Volum des Stabes wird dann durch $\frac{\delta^2}{4}\pi\, dx$ gegeben sein und somit die gesammte Arbeit durch

$$A = \frac{1}{4}\delta^2\pi\, s\, mn \frac{i\pi N}{L}\int_{-2L}^{0}\left[\frac{x+2L}{\sqrt{R^2+(x+2L)^2}} - \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right] dx.$$

Durch Ausführung der Integration findet man, wenn γ das Gewicht des Stabes ist und wie früher mit $2d$ die Diagonale der Spule bezeichnet wird:

$$A = mn\,\gamma \frac{i\pi N}{2L}\,\frac{D-R}{2L}.$$

In dieser Formel kommen Grössen vor, die in jedem speciellen Falle leicht zu bestimmen sind, wesshalb dieser Fall besonders gut geeignet sein dürfte, die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen.

Wien, Anfangs December 1870.
